

1-2日程度先の雨量予測の豪雨時の予測特性

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○瀧口茂隆
一般財団法人日本気象協会 後藤祐輔 鈴木豪太 遠藤理 志賀紀之

1. はじめに

著しい被害をもたらした平成30年、令和元年の土砂災害における課題等を踏まえた対策の基本的な方針等についてとりまとめた社会資本整備審議会の答申(2020)において、夜のはじめ頃から明け方に土砂災害警戒情報が発表された場合、市町村は避難勧告(現在は避難指示に統一)の発令に難しい判断を迫られることから、夜間の避難行動を極力回避できるような早め(例えば1日程度先の予測)の情報提供のための技術開発が求められている。

現在の土砂災害警戒情報の予測雨量には降水短時間予報が用いられているが、降水短時間予報は1日程度先までの予測は行われていない。長時間先の予測雨量として現在全国規模で利用可能なものとしては、まず気象庁が2019年の6月からメソアンサンブル予報システム(MEPS)として配信している39時間先までの予測雨量がある。この予測雨量はメソモデルの初期時刻に摂動を加えた合計21メンバの複数予測により、予測の信頼度も評価できるようになっている。これを活用することで将来は降雨による土砂災害の危険度を時空間的に信頼度とともに幅を持って表現することが可能となる。別途検討している危険な区域の相対的なリスク評価とあわせて、土砂災害の危険にさらされている個人や家庭の状況に応じたリスクの判断と避難行動の選択が可能な情報となることが期待できる。

一方でその予測雨量の信頼性については、筆者らが調べた範囲では最大でも50mm/3hr程度の、気象庁による区分でいう「やや強い雨」程度までの予測と実績の比較が夏期と冬期に分けて整理された気象庁(2019)以上の情報は無かった。このため、土砂災害を引き起こすようなそれ以上の強い雨量強度の予測の信頼性も把握する必要がある。

そこで、100mm/3hr以上の「激しい雨」以上の強い雨量強度を対象として、計算開始時刻から39時間先までの予測雨量の特性を同時刻の解析雨量を真値として比較評価した。評価に当たっては、同様に地球規模での長時間の予測雨量が配信されているヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)の予測雨量とも比較を行った。MEPSとECMWFの雨量予測の諸元を表-1に示す。

表-1 MEPSとECMWFの雨量予測の諸元

| | MEPS | ECMWF |
|---------|--------------------|--------------|
| 予測時間 | 39時間 | 360時間 |
| 空間解像度 | 約5kmメッシュ | 約25kmメッシュ |
| 時間解像度 | 3時間 | 1時間(90時間先まで) |
| 予測更新時刻 | 4回(00,06,12,18UTC) | 2回(00,12UTC) |
| アンサンブル数 | 21メンバ | 51メンバ |

2. 評価する予測雨量データ

対象期間は、MEPSの配信が開始された2019年から2021年までの6月から10月の3年分の出水期とした。対象地域は日本の陸域とした。表-1に示すとおり、MEPSとECMWFで時空間の解像度が違うため、評価の時空間解像度はMEPSに合わせて3時間雨量、5kmメッシュとした。このためECMWF予測雨量の補正及び5kmへの空間ダウンスケーリングを行った。

ECMWF予測雨量の補正と空間ダウンスケール法を以下に述べる。まず辻本ら(2016)の方法に倣い同時刻の解析雨量25km平均値を実測値として、位置ずれを考慮して隣接8メッシュを含む9メッシュにおける雨量の出現頻度が予測値と実測値で一致するように月別・予測時間(12時間毎)別の頻度バイアス補正係数を作成して補正した。この頻度バイアス補正係数については、評価期間外の2016年7月から2019年6月の3年間のデータを使用し、季節変化を考慮して当該月の前後1ヶ月の3ヶ月分のデータからそれぞれ作成した。

次に、補正したECMWF予測雨量の5kmメッシュへのダウンスケールについては山本・増田(2019)がGSM(全球数値予報モデル)ガイダンスを対象に深層学習を利用して時空間的にダウンスケーリングした方法に倣い、2007年から2018年までの12年分の解析雨量を学習用データに加工し、2次元畳み込みニューラルネットワークで学習させて25kmを5kmにダウンスケールした。ECMWF予測は1時間雨量のため、3時間雨量は1時間雨量を積算して作成した。以上の方法により、MEPS及びECMWFの5kmメッシュ、3時間雨量の予測データセットを作成した。

3. 評価の方法

前節で作成したMEPSとECMWFの5kmメッシュの3時間雨量の予測データセットに対して、同時間帯の解析雨量の5kmメッシュ平均値を真値として100mm/3hr以上を予測もしくは実績で記録した場合に予測と実績を比較評価した。この比較評価を両モデルのアンサンブル数に応じて、最大順位値(100%順位値)、75%順位値、50%順位値、25%順位値でそれぞれ実施した。なお、MEPSは1日4回更新されているが、本研究ではECMWFにあわせて計算開始時刻00,12UTCのみ使用した。実績と予測の評価は一般的に用いられている以下の(1)~(3)式で定義されるBIAS, RMSE, SCOREの3種類で行った。

$$\text{BIAS} = \frac{1}{n} \sum (x - y) \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x - y)^2} \quad (2)$$

$$SCORE = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{x}{y} (x < y) \text{ or } \frac{y}{x} (x > y) \right) \quad (3)$$

ここで、 x は予測値、 y は実績値である。また、両者のモデルには予測の計算開始時刻から実際にデータが使用可能になるまでに遅れがあるが、本研究では遅れ時間は考慮しないこととした。ちなみに実際は、MEPS が約 4 時間、ECMWF が約 9 時間の遅れがある。

なお、ある程度進路予測が可能な台風起因の降雨とそれ以外の降雨では予測の精度に相当の違いがあることが想定されることから、台風期間とそれ以外の非台風期間の降雨を分けて評価した。ここで台風期間については、気象庁における台風接近の定義である「台風の中心が各都道府県の台風の接近の判断に用いる気象官署等から 300 km 以内に入った日」を台風期間とし、都道府県毎に日単位で台風期間を設定した。ただし、遠方に島嶼部を所管する東京都と鹿児島県については、伊豆諸島と南西諸島を区別した。結果台風の事例は 19 事例になった。評価期間の台風経路を図-1 に示す。

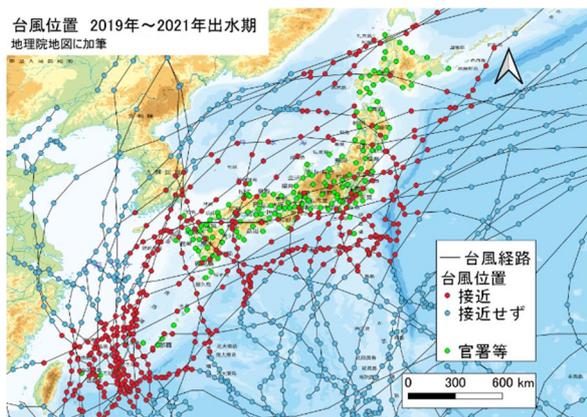


図-1 評価期間の台風経路 (赤が台風接近日を表す)

4. 結果

両モデルとも全体的に最も実測に近い予測を示した 75 % 順位値の台風期間における比較結果を表-2 に示す。ECMWF の予測値は 13/51 番目の順位値にもかかわらずほぼ実績より低めの予測になっているのに対し、MEPS はほぼ一貫して高めの予測である。ただし 18 時間先以降では予測値が小さくなり実績値に近くなっている。他の順位値でも、MEPS は ECMWF より高めの予測になる傾向と予測時間が 18 時間を超えると予測値が小さくなる傾向があった。SCORE を見ると最低値が 0.50 であり、精度は最低でも倍半分程度といえる。なお、非台風期間は両モデルともバイアスが -100 mm に近く、ほぼ予測できていなかった。

5. まとめ

本研究では、1~2 日程度先の土砂災害危険度評価を目的として、現在全国規模で配信されている 2 種類の予測モデルの豪雨時の予測特性を明らかにするために過去 3 年間の予測データの精度評価を行った。得られた結果を列挙すると以下のとおりになる。

- ① 台風期間においては両モデルとも 75 % 順位値の予測が最も精度が良かった。
- ② MEPS の方が頻度補正した ECMWF より同%順位では高めの予測の傾向がある。
- ③ 非台風期間は両モデルともほぼ予測できていない。

②の結果に加え、ECMWF は 9 時間程度の後れがあることや MEPS の方が更新の回数が多いことも踏まえると防災上の観点からは、現時点では主に台風時に MEPS の予想雨量をメインとして ECMWF の予測雨量もサブとして両方の予測雨量を活かす方法が考えられる。

本研究では、アンサンブルモデルの予測のばらつきまでは評価できていないが今後それらの検討を加えた上でアンサンブル予測を用いた危険度の評価と表現の方法を検討していきたい。

表-2 予測値の精度評価結果 (100 mm/3hr 以上、台風期間、75 % 順位値 両モデルのうち精度が高い方が太字)

| 予測時間 (hr) | 台風期間 (MEPS) | | | 台風期間 (ECMWF) | | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | BIAS (mm) | RMSE (mm) | SCORE | BIAS (mm) | RMSE (mm) | SCORE |
| 0~3 | 24.2 | 51.7 | 0.66 | 3.5 | 39.3 | 0.71 |
| 4~6 | 33.4 | 59.2 | 0.63 | -1.9 | 43.8 | 0.71 |
| 6~9 | 25.0 | 58.1 | 0.59 | -40.6 | 56.4 | 0.59 |
| 9~12 | 32.4 | 65.2 | 0.56 | -46.6 | 58.5 | 0.57 |
| 12~15 | 32.2 | 50.3 | 0.65 | -5.6 | 52.7 | 0.60 |
| 15~18 | 38.3 | 65.3 | 0.57 | 29.5 | 62.0 | 0.55 |
| 18~21 | 4.7 | 53.7 | 0.64 | -1.4 | 66.0 | 0.51 |
| 21~24 | 8.1 | 64.8 | 0.56 | -32.0 | 58.4 | 0.57 |
| 24~27 | 12.9 | 44.6 | 0.67 | -19.4 | 53.2 | 0.60 |
| 27~30 | 16.8 | 56.1 | 0.60 | 21.0 | 55.3 | 0.59 |
| 30~33 | -7.3 | 59.1 | 0.57 | -5.5 | 68.4 | 0.48 |
| 33~36 | 3.7 | 71.3 | 0.50 | -39.4 | 63.8 | 0.53 |
| 36~39 | 8.6 | 53.4 | 0.60 | -40.2 | 66.2 | 0.44 |

引用文献

- 気象庁 (2019) : メソアンサンブル予報システムの (MEPS) の予報特性等について、気象・地震等の情報を扱う事業者等を対象とした講習会 (第 7 回) 資料, 30 pp.
- 社会資本整備審議会 (2020) : 近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方, 20 pp.
- 辻本ら (2016) : アンサンブル予報を用いた台風性降雨シナリオに関する検討, 京都大学防災研究所年報, 第 59 号 B, p. 367-375
- 山本雅也・増田有俊 (2019) : 深層学習による降雨予測の時空間方向へのダウンスケーリング手法の開発, 河川技術論文集, 第 25 巻, p. 97-102